

УДК 674.81

А.В. Артёмов, А.В. Савиновских, Б.Г. Буриндин  
(A.V. Artyomov, A.V. Savinovskih, B.G. Buryndin)  
УГЛТУ, Екатеринбург  
(USFEU, Ekaterinburg)

**ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ ПЛАСТИКОВ  
БЕЗ СВЯЗУЮЩИХ НА БИОАКТИВИРОВАННОМ ПРЕСС-СЫРЬЕ  
(DURABILITY OF WOOD-PLASTIC COMPOSITES  
PRODUCED WITHOUT ADHESIVES BASED ON BIOACTIVATED  
PRESSED RAW MATERIALS)**

*Проанализированы данные теплового старения древесных пластиков без добавления связующих веществ на биоактивированном пресс-сырье.*

*The heat ageing of wood-plastic composites produced without adhesives based on bioactivated pressed raw materials was analyzed.*

При оценке долговечности материалов широко применяют метод ускоренного теплового старения. Суть его заключается в том, что по скорости изменения свойств материала при повышенной температуре определяют экстраполяцией изменение тех же свойств материала при нормальной температуре [1]. В связи с этим было проведено сравнительное изучение теплового старения изделий на основе древесного пластика без добавления связующего (ДП-БС):

- биоактивированного иловой смесью ДП-БС (ил.см.);
- модифицированного гидролизным лигнином ДП-БС (ил.см.+ГЛ).

Термообработка образцов проводилась в термошкафу при температуре 50 °С. В каждом тепловом режиме испытано по 6 образцов – дисков, изготовленных горячим прессованием при  $T = 180\text{ °С}$ ,  $P = 40\text{ МПа}$ . После 10, 50, 100, 200 и 400 ч теплового старения изымались по три диска каждого пластика и после их кондиционирования в течение суток определялась их прочность при изгибе в трех параллелях. До начала испытания была определена прочность при изгибе у образцов, не прошедших термообработку (контроль).

Для прогноза теплового старения был использован экстраполяционный метод, заложенный в ГОСТ 9.707–81, который широко применяется для прогноза долговечности материалов. Долговечность исследуемых материалов  $\tau_{\text{реал}}$  в реальных условиях эксплуатации вычислялась по формуле

$$\tau_{\text{иск}} = \tau_{\text{реал}} e^{\frac{E_a}{R} \left( \frac{1}{T_{\text{иск}}} - \frac{1}{T_{\text{экв}}} \right)}, \quad (1)$$

где  $\tau_{\text{иск}}$ ,  $T_{\text{иск}}$  – долговечность и температуры в условиях ускоренных жестких испытаний, ч, К;

$\tau_{реаль}$   $T_{экв}$  – долговечность и температуры в реальных условиях эксплуатации, ч, К;

$E_a$  – энергия активации процесса разложения (старения), Дж/моль.

Полученные зависимости прочности при изгибе и продолжительности термовыдержки (рис. 1) были аппроксимированы с помощью логарифмической функции (при построении графических зависимостей были исключены пики в первоначальное время термообработки, которые в первую очередь обусловлены продолжающимися процессами поликонденсации, а не процессами разрушения материала).

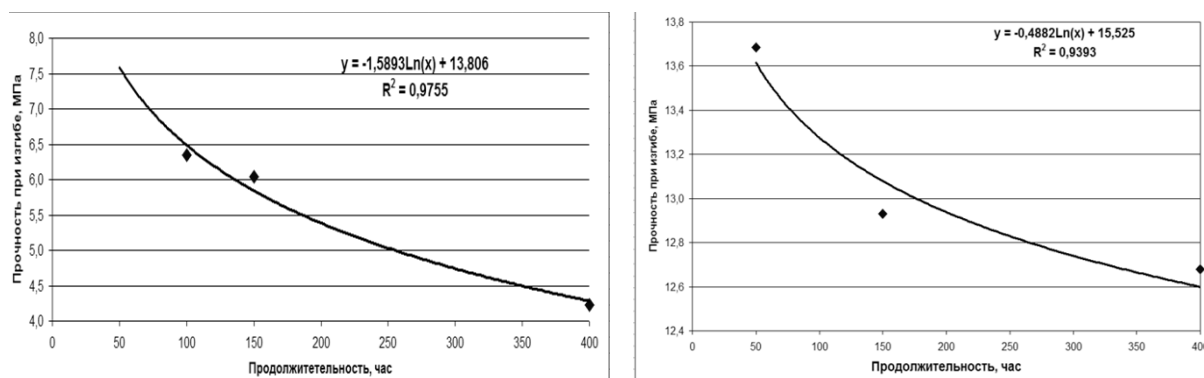


Рис. 1. Влияние температуры на прочность дисков при изгибе

Были получены следующие логарифмические зависимости с их коэффициентами достоверности:

- ДП-БС (ил.см.+ ГЛ):  $y = -1,5893\text{Ln}(x) + 13,806$ ,  $R^2 = 0,9755$ ;
- ДП-БС (ил.см.):  $y = -0,4882\text{Ln}(x) + 15,525$ ,  $R^2 = 0,9393$ .

По полученным уравнениям были определены следующие сроки старения дисков  $\tau_{иск}$  в условиях ускоренных испытаний: для ДП-БС (ил.см. + ГЛ) – 49,68 ч; для ДП-БС (ил.см.) – 77,48 ч соответственно.

Значение энергии активации  $E_a$  процесса разрушения изделий рассчитывалось из следующих соображений. Применительно к полимерам и композиционным материалам на основе древесины основной причиной старения является термоокислительная деструкция макромолекул полимера, связующего или компонентов древесины. Эта химическая реакция протекает по цепному механизму, и скорость такой реакции экспоненциально зависит от температуры:

$$K = ae^{-\frac{E_a}{RT}}, \quad (2)$$

где  $K$  – константа скорости реакции,  $\text{с}^{-1}$ ;

$E_a$  – энергия активации процесса старения, Дж/моль;

$R$  – универсальная газовая постоянная, Дж/(град·моль);

$T$  – температура, К;

$a$  – предэкспоненциальный множитель.

На основе экспериментальных данных были построены графические зависимости для каждого вида пластика, с помощью которых определялся порядок реакции с последующим расчетом энергии активации.

На основании полученных данных можно сказать, что для ДП-БС (ил.см.) преимущественна реакция нулевого порядка, а для ДП-БС (ил.см.+ГЛ) реакция третьего порядка. Для дальнейшего расчета энергии активации использовалось полученное уравнение прямой. Энергия  $E_a$  была определена по тангенсу угла наклона прямой (рис. 2).

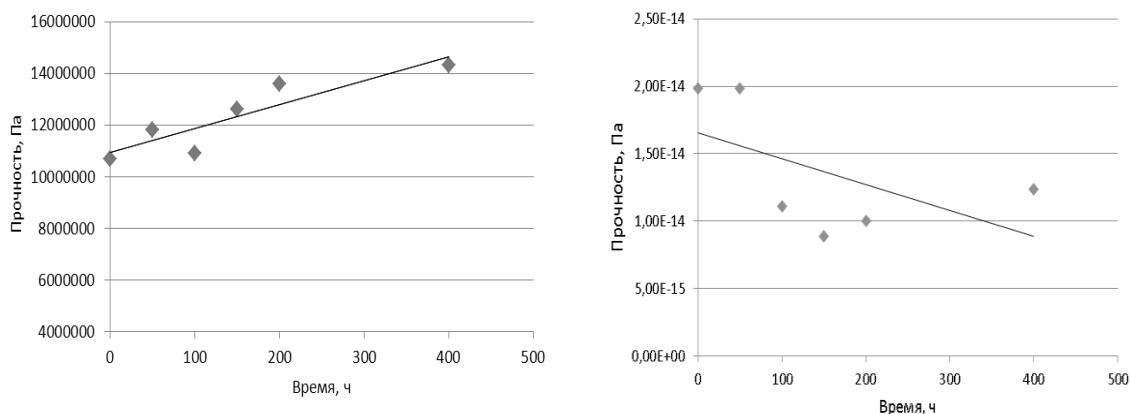


Рис. 2. Зависимость  $\lg$  долговечности от  $1/T$

Реальная (эквивалентная) температура эксплуатации  $T_{экв}$  была выявлена с помощью номограмм [2].

После определения  $E_a$ ,  $\tau_{иск}$  и  $T_{экв}$  по уравнению (1) был выполнен расчет долговечности изделий в реальных условиях эксплуатации  $\tau_{реал}$  и получены результаты (таблица), которые свидетельствуют, что предполагаемый срок эксплуатации ( $\tau_{реал}$ ) ДП-БС (ил.см.) составляет 7,5 лет, а ДП-БС (ил.см.+ГЛ) – 0,2 года.

#### Результаты расчетов по прогнозу долговечности пластиков

Материал дисков	ДП-БС (ил.см.+ГЛ)	ДП-БС (ил.см.)
Энергия активация старения $E_a$ , кДж/моль	96	177
Температура эксплуатации, $T_{э}$ ( $T_{реал}$ ), К	293	293
Долговечность в искусственных условиях $\tau_{иск}$ , сут	49,68	77,48
Долговечность в реальных условиях $\tau_{реал}$ , год	0,2	7,5

#### Библиографический список

1. Хрулёв В.М. Долговечность древесностружечных плит / В.М. Хрулёв, К.Я. Мартынов. М.: Лесная промышленность. 1977. 168 с.

2. Липатов Ю.С. Справочник по химии полимеров / Ю.С. Липатов, А.Е. Нестеров, Т.М. Гриценко, Р.А. Веселовский. Киев: Наукова думка. 1971. 280 с.

УДК 678

А.А. Ковалев, О.Ф. Шишлов  
(A.A. Kovalev, O.F. Shishlov)

ПАО «Уралхимпласт», Нижний Тагил  
(JSC «Uralchimplast», Nizny Tagil)

В.В. Глухих  
(V.V. Gluckhih)

УГЛТУ, Екатеринбург  
(USFEU, Ekaterinburg)

# **ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕНЗОКСАЗИНА НА ОСНОВЕ КАРДАНОЛА** (STUDY OF CARDANOL-BASED BENZOXAZINE THERMAL BEHAVIOR)

*Методами ТГА и ДСК изучены термические свойства бензоксазина на основе карданола.*

*Thermal behavior of cardanol-based benzoxasine was studied by means of TGA and DSC.*

Бензоксазины представляют интерес в качестве мономеров, а также отвердителей фенолформальдегидных и эпоксидных смол. Бензоксазины можно рассматривать как органические гетероциклические соединения, получаемые при совместной реакции монозамещенных аминов, альдегидов и фенолов [1]. Использование бензоксазинов в составе древесно-эпоксидных композитов позволяет снизить расход связующих вплоть до 30 % в составе материала [2].

В данном исследовании был проведен синтез бензоксазина на основе карданола с целью последующей модификации эпоксидных композиций для изготовления различных древесных композитов.

При использовании в качестве исходных реагентов карданола, анилина и формальдегида ожидается, что образование бензоксазина карданола (далее БК) протекает по реакции:

